

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

(57) [Claim(s)]

[Claim 1] Plant diagnostic equipment characterized by having the 1st detection means which detects the vibrational state of the device which constitutes the circulation facility through which a fluid circulates, the 2nd detection means which detects the property of said fluid, and a means to diagnose said circulation facility based on the output of said 1st detection means and said 2nd detection means.

[Claim 2] It is the plant diagnostic equipment characterized by said 2nd detection means detecting the water quality of said fluid in claim 1.

[Claim 3] It is the plant diagnostic equipment characterized by said 2nd detection means analyzing the particulate matter in said fluid in claim 1.

[Claim 4] It is the plant diagnostic equipment characterized by said 2nd detection means detecting either [ at least ] the conductivity of said fluid, or pH in claim 1.

[Claim 5] The plant diagnostic equipment characterized by to have the 1st detection means which detects the condition of the device which constitutes the circulation facility through which a fluid circulates, the 2nd detection means which detects the property of the ambient atmosphere which surround said circulation facility, and a means diagnose said circulation facility based on the output of said 1st detection means and said 2nd detection means.

[Claim 6] Plant diagnostic equipment characterized by having the 1st detection means which detects the vibrational state of the device which constitutes the circulation facility through which water circulates, the 2nd detection means which detects the water quality of said circulating water, and a means to diagnose said circulation facility based on the output of said 1st detection means and said 2nd detection means.

[Claim 7] It is the plant diagnostic equipment which carries out [ having a means diagnose that said circulation facility is normal, when the output of the 1st detection means which detects the condition of the device which constitutes the circulation facility through which a fluid circulates, the 2nd detection means which detects the property of said fluid, and said 1st detection means shows abnormalities and the output of said 2nd detection means shows normal, and ] as the description.

[Claim 8] The plant diagnostic approach characterized by diagnosing said circulation facility using the information showing the condition of the device which constitutes the circulation facility through which a fluid circulates, and the information showing the property of the ambient atmosphere which surround said circulation facility. [Claim 9] It is the plant diagnostic approach characterized by diagnosing that said circulation facility is normal when the information showing the condition of the device which constitutes the circulation facility through which a fluid circulates shows abnormalities and the information showing the property of said fluid shows normal.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3128832号

(P3128832)

(45) 発行日 平成13年1月29日 (2001.1.29)

(24) 登録日 平成12年11月17日 (2000.11.17)

(51) Int. CL <sup>7</sup>	識別記号	P I	
G 0 1 D 21/00		G 0 1 D 21/00	Q
G 0 5 B 23/02		G 0 5 B 23/02	Z
G 2 1 C 17/00	G D B	G 2 1 C 17/00	G D B A
17/02	G D B		G D B N
		17/02	G D B F
			請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願平3-6208	(73) 特許権者	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成3年1月23日 (1991.1.23)	(72) 発明者	横瀬 賢次 茨城県日立市森山町1168番地 株式会社 日立製作所 エネルギー研究所内
(65) 公開番号	特開平4-238225	(72) 発明者	長瀬 誠 茨城県日立市森山町1168番地 株式会社 日立製作所 エネルギー研究所内
(43) 公開日	平成4年8月26日 (1992.8.26)	(72) 発明者	上村 博 茨城県日立市森山町1168番地 株式会社 日立製作所 エネルギー研究所内
審査請求日	平成10年1月23日 (1998.1.23)	(74) 代理人	100075096 弁理士 作田 康夫
		審査官	小野村 恒明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラント診断装置及びプラント診断方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 流体が循環する循環設備を構成する機器の振動状態を検出する第1の検出手段と、前記流体の性質を検出する第2の検出手段と、前記第1の検出手段及び前記第2の検出手段の出力に基づいて前記循環設備を診断する手段とを有することを特徴とするプラント診断装置。

【請求項2】 請求項1において、前記第2の検出手段は前記流体の水質を検出することを特徴とするプラント診断装置。

【請求項3】 請求項1において、前記第2の検出手段は前記流体中の粒子状物質を分析することを特徴とするプラント診断装置。

【請求項4】 請求項1において、前記第2の検出手段は前記流体の導電率又はpHの少なくとも一方を検出する

2

ことを特徴とするプラント診断装置。

【請求項5】 流体が循環する循環設備を構成する機器の状態を検出する第1の検出手段と、前記循環設備を取り巻く雰囲気の状態を検出する第2の検出手段と、前記第1の検出手段及び前記第2の検出手段の出力に基づいて前記循環設備を診断する手段とを有することを特徴とするプラント診断装置。

10 【請求項6】 水が循環する循環設備を構成する機器の振動状態を検出する第1の検出手段と、前記循環水の水質を検出する第2の検出手段と、前記第1の検出手段及び前記第2の検出手段の出力に基づいて前記循環設備を診断する手段とを有することを特徴とするプラント診断装置。

【請求項7】 流体が循環する循環設備を構成する機器の状態を検出する第1の検出手段と、前記流体の性質を検

出する第2の検出手段と、前記第1の検出手段の出力が異常を示し前記第2の検出手段の出力が正常を示している時は、前記循環設備は正常であると診断する手段とを有することを特徴とするプラント診断装置。

【請求項8】流体が循環する循環設備を構成する機器の状態を表す情報と前記循環設備を取り巻く雰囲気の状態を表す情報とを用いて前記循環設備を診断することを特徴とするプラント診断方法。

【請求項9】流体が循環する循環設備を構成する機器の状態を表す情報が異常を示し、前記流体の性質を表す情報10が正常を示している時は、前記循環設備は正常であると診断することを特徴とするプラント診断方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、設備の異常診断に関するもので、特に流体が循環する循環設備を有するプラントの診断装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、循環設備を含め設備の異常診断については特開平1-46694号、特開昭62-223905号、特開昭59-60293号がある。特開平1-46694号は、ひとつの観測量についての測定を行い、その出力レベルから異常を診断している。原子炉1次系のような放射能レベルの高い区域では、このような方法は測定器自身の健全性が問題になる。

【0003】また、特開昭62-223905号は、ノイズによる誤判定を低減するために、正常時はプロセス量の出力に対するしきい値を大きくしておき、あるプロセス量がそのしきい値を越えた時、他のプロセス量のしきい値を下げて診断する方法が記載されている。

【0004】さらに、特開昭59-60293号は、循環設備に関するもので、水質に関する2つの観測量（導電率、pH）の相関から異常を診断する方法が記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、異常が発生した時、その異常が真の異常なのか、ノイズ等による検出器に起因する異常なのか判別できない。特に検出器には一過性の信号でしか異常が検出できない場合、その異常が真の異常なのか確信できない。従って、上記従来技術では高い信頼性をもって異常を診断できないという問題点があった。

【0006】また、特開昭59-60293号は、設備の異常によってイオンが発生する場合は検出可能であるが、クラッドのような粒子状物質の場合には検出できないという問題点がある。

【0007】本発明の第1の目的は、流体の循環設備を有するプラントにおいて信頼性の高い異常診断を実施可能なプラント診断装置及びプラント診断方法を提供することにある。

【0008】本発明の第2の目的は、前記第1の目的に加えて更に、クラッドのような粒子状物質が循環設備の流体中に存在する場合でも異常を検出できるプラント診断装置及びプラント診断方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するための第1の発明は、流体が循環する循環設備を構成する機器の振動状態を検出する第1の検出手段と、前記流体の性質を検出する第2の検出手段と、前記第1の検出手段及び前記第2の検出手段の出力に基づいて前記循環設備を診断する手段とを備える。

【0010】第1の目的を達成するための第2の発明は、流体が循環する循環設備を構成する機器の状態を検出する第1の検出手段と、前記循環設備を取り巻く雰囲気の状態を検出する第2の検出手段と、前記第1の検出手段及び前記第2の検出手段の出力に基づいて前記循環設備を診断する手段とを備える。

【0011】第1の目的を達成するための第3の発明は、流体が循環する循環設備を構成する機器の状態を検出する第1の検出手段と、前記流体の性質を検出する第2の検出手段と、前記第1の検出手段の出力が異常を示し前記第2の検出手段の出力が正常を示している時は、前記循環設備は正常であると診断する手段とを備える。

【0012】また、上記第2の目的を達成するための第4の発明は、前記第1の発明において、前記第2の検出手段が前記流体中の粒子状物質を分析する。

【0013】

【作用】まず、第1の目的を達成するための第1乃至第3の発明による診断原理を説明する。循環設備を構成する機器に異常が発生すると、循環設備を流れる流体自体の変化、あるいは循環設備を取り巻く雰囲気環境に変化があらわれる。そこで、機器に異常が発生した時に、流体の性質あるいは循環設備を取り巻く雰囲気の状態を検出することで、実際に異常が発生したかどうかを確実に判定することができる。

【0014】以下、上記診断原理を循環設備に異常振動が発生した時を例に説明する。異常振動が発生する原因としては、ポンプ等の回転機器の異常、配管等の固定部材のゆるみ等が考えられる。機器の異常振動が発生すると、機器の内壁もしくは機器周辺の構造材に当初付着していたクラッドのような粒子状物質が振動によって剥がれ落ち、あるいは摩耗等によって機器部材が削りとられる。その結果、前者の場合は、機器内部の循環水の粒子状物質の粒子数が増加する。後者の場合は、削り取られた金属がイオンとなって流体中を流れるので導電率や水系イオン濃度（pH）が変化する。その基本的な変化パターンを示したのが図2、及び図3である。図2は循環設備を構成する機器の状態を示す振動がレベル的に変化し、しかも循環流体の性質を示す循環流体中の粒子状物質の粒子数がほぼ同時にレベル変化した場合を示してい

る。図3は、振動振幅がパルス状に一過性に発生し、その後遅れて循環流体中の粒子数が検出された場合を示す。同時か遅れを伴うかは、レベル的かパルスのかどうかに関係ないので、例えばレベル的に発生して、粒子状物質が遅れて検出される場合もありえる。粒子状物質の検出の場合は、粒子状物質を分析するためのサンプリング部が振動検出器と近い場合はほぼ同時に変化し、離れている場合は流速に依存した遅れを持って検出される。何れにしても、振動のみを監視していた場合には、振動検出器の故障によって信号が発生したことを判別できない。一方、本発明のように、循環流体の性質を示すものを検出することにより、前記異常に関連して循環流体の性質にも変化が発生するので、異常の有無を確実に検出することができる。即ち、設備機器の異常振動を検出した場合でも、流体の性質の異常を検出しなければ設備機器は正常と判断でき、流体の性質の異常も検出されれば設備機器は異常と判断できる。特に図3のように一過性の変化の場合、検出器が正常に動作してノイズを検出したのか、本当に異常が発生しているのかの判断は難しいが、本発明を用いれば確実に真の異常を検出できる。

【0015】また、設備機器に異常振動が発生した場合、循環する液体中の気体部分を通して、あるいは前記液体を処理して気体として外部に放出される場合には、機器の異常変化が循環設備を取り巻く雰囲気環境に変化として表れる。そこで、液体中の性質を検出すると同じように、循環設備を取り巻く雰囲気環境を監視することで、異常の有無を確実に診断することができる。以上の説明では機器の異常状態を検出する手段として振動を挙げたが、その他のものとして、機器の温度、流体の流量、機器から発生する音響などがある。

【0016】また、循環流体の性質としてはイオン濃度などの水質がある。例えば、循環設備を構成する機器の中に熱交換器や加熱器がある場合を考える。熱交換器や加熱器に異常が発生すると流体の温度が変化する。イオン濃度などの水質は温度依存性があるので、流体の温度が変化すると水質も変化する。従って、流体の水質も監視することにより、流体の温度変化を引き起こす熱交換器や加熱器の異常検出を、確実にバックアップすることができる。

【0017】最後に、本発明の第2の目的を達成するための第4の発明について説明する。前述したように、異常の内容によって導電率やイオン濃度では測定できないクラッドが液体中に混入することがある。このような場合、クラッドのような粒子状物質を分析することが有用である。粒子状物質の分析には、粒子数、濃度、粒子径などを監視する方法などがある。

【0018】

【実施例】以下、本発明の実施例を図1及び図4から図18を用いて説明する。

【0019】まず、図1に本発明の一実施例を示した。

本発明を適用する循環設備1の一例として原子力発電プラントを考える。循環設備1の循環ラインとしては、原子炉60内の炉心61で純水を沸騰させ、主蒸気ライン65をへて送られた蒸気によりタービン67を駆動した後、復水器68で液化される。液化した水は復水脱塩器69により純水に変換され給水加熱器66で予熱後、給水ライン64をへて原子炉60へ戻る。また、再循環系62により原子炉60に純水を戻すと共に、炉水浄化装置63で浄化された純水を給水ライン64に導く。循環設備1に設置した振動検出装置10により、設備機器自体の振動を検出する。即ち、本実施例では再循環系62の振動を検出することになる。検出した振動を振動解析装置11により振動レベル、周波数パターン等を解析する。振動解析装置11の出力は振動参照値記憶装置12に記憶されると共に異常判別装置に入力する。一方、設備機器の異常振動に伴い、機器の内壁もしくは機器周辺の構造材に当初付着していたクラッドのような粒子状物質が剥がれ落ち、その結果として機器内部の循環水の粒子状物質数が増加する。そこで、循環設備1からサンプリングライン9を介して循環する液体を粒子状物質計数装置22に導く。粒子状物質計数装置22内で循環する液体をセル71に導く。セル71には光源70から分析光74が照射されている。したがって、セル71の内部を粒子状物質が通過した場合、分析光74が粒子状物質によって散乱され、散乱光が発生する。この散乱光を検出器72で検出し、検出信号を信号処理装置73に送る。信号処理装置73で検出信号を計数することにより、セル71を通過した粒子状物質を計数できる。この信号処理装置73の出力、即ち計数結果を粒子状物質計数装置22の出力とする。粒子状物質計数装置22によって液体中の粒子状物質の計数値を粒子数参照値記憶装置23に記憶すると共に異常判別装置2に入力する。異常判別装置2では、入力された各々の測定値及び参照値を比較し、定常時の測定レベルに対する変動を常時監視し、双方の変動値が閾値レベルを超えた時に異常と判別する。このとき、一方の変動値が非常に大きい場合は、他方の変動値に重み計数を掛けることにより、相対的に閾値レベルを下げて異常を判別してもよい。異常判別装置2の出力は、判別結果表示装置3に出力する。本実施例ではサンプリングライン9を再循環系62に敷設したが、炉心61、主蒸気ライン65、タービン67、復水器68、復水脱塩器69、給水加熱器66、給水ライン64を循環設備1とみなし、サンプリングライン9を例えば復水器68と復水脱塩器69の間に設けても良い。この場合は、振動を監視する部位である再循環系62と、サンプリングライン9を敷設した復水器68の間に距離があるため、振動検出装置10が振動を検出してから粒子状物質計数装置22が粒子数の変動を検出するまでには循環水が炉心61、主蒸気ライン65、タービン67内を移動するだけの時間遅れが生じる。したがっ

て、この場合は時間遅れを考慮し、時間軸をその分だけシフトさせて異常を判別する。また、循環設備1を炉心61、炉水浄化装置63、給水ライン64とみなして、サンプリングライン9を例えば、炉水浄化装置63に敷設してもよい。本実施例では粒子状物質計数装置22として、光散乱方式のパーティクルカウンタを採用したが、ボア系の異なるフィルタで粒子状物質を粒径別に、捕獲してその放射能を測定してもよく、また、ブレイクダウン方式のパーティクルカウンタを採用してもよい。本実施例によれば、設備機器の振動レベルの増加に伴い発生する剥離した粒子状物質の粒子計測を採用したため、インラインで測定でき、設備の異常を迅速にかつ高い信頼度で診断できる。

【0020】次に、別の実施例を図4に示した。本実施例では、例えば炉心61、主蒸気ライン65、タービン67、復水器68、復水脱塩器69、給水加熱器66、給水ライン64を循環設備1とみなし、給水ライン64に振動検出装置10を敷設する構成とし、検出した振動を振動解析装置11により振動レベル、周波数パターン等を解析する。振動解析装置11の出力は振動参照値記憶装置12に記憶されると共に異常判別装置2に入力する。また、原子力発電プラントの設備機器に異常振動が発生した場合、機器に亀裂が生じているため亀裂部位からクロム酸イオンなどが溶出し、循環水の水質が酸性側に変化する。一方、循環水中には窒素分子( $N_2$ )が飽和して溶け込んでいるが、水質が酸性になると $N_2$ の飽和濃度が低下し、過飽和分の $N_2$ が気相中に移行する。原子炉の循環水には、放射性の $^{13}N$ が一部含まれているため、気相中に移行する $N_2$ にも $^{13}N$ が含まれている。この気相中の $^{13}N$ は、放射線検出が可能である。そこで、循環設備1の媒体に含まれる放射線の量を放射線検出器20により検出する。放射線検出器20により検出された放射能レベルは放射能参照値記憶装置21に記憶されると共に異常判別装置2に入力する。異常判別装置2では、入力された測定値及び参照値を比較して、定常時の測定レベルに対する変動を常時監視し、双方の変動値が閾値レベルを超えた時に異常と判別する。このとき、一方の変動が非常に大きい場合は、他方の変動値に重み計数を掛けることにより、相対的に閾値レベルを下げて異常を判別してもよい。異常判別装置2の出力は、判別結果表示装置3に出力する。機器の異常振動に伴い、循環水の水質が変化するという現象を捕えるために、導電率を測定してもよく、水素イオン濃度(pH)を測定してもよい。本実施例によれば、設備機器の振動レベルの増加に伴い発生する放射性元素の放射能レベルの増加を検知するため、設備の異常を高い信頼度で診断できる。

【0021】次に、別の実施例を図5に示した。本実施例では、循環設備1の異常診断方法として、粒子状物質の計数法を採用する構成とした。循環設備1からサン

リングライン9を介して循環する液体を粒子状物質計数装置22に導く。粒子状物質計数装置22によって液体中の粒子状物質を計数し、その結果を粒子数参照値記憶装置23に記憶すると共に異常判別装置2に入力する。異常判別装置2では、入力された測定値及び参照値を比較し、定常時の測定レベルに対する変動を常時監視し、変動値が閾値レベルを超えた時に異常を出力する。異常判別装置2の出力は、判別結果表示装置3に出力する。本実施例では、粒子状物質計数装置22が1台の構成としたが、複数のサンプリングライン9と粒子状物質計数装置22を組合せてサンプリング点を複数箇所設定し、循環設備1の循環系を細分化することにより、循環設備1の異常発生箇所を推定することもできる。本実施例では、設備機器の異常により剥離した粒子状物質の粒子計測を採用したため、インラインで測定でき、循環設備1の異常を迅速に診断できる。

【0022】次に、別の実施例を図6に示した。本実施例では、循環設備1の異常診断方法として、粒子状物質の数密度測定法を採用する構成とした。循環設備1からサンプリングライン9を介して循環する液体を粒子数密度計測装置24に導く。粒子数密度計測装置24によって液体中の粒子状物質の数密度を計測し、その結果を粒子数密度参照値記憶装置25に記憶すると共に異常判別装置2に入力する。異常判別装置2では、入力された測定値及び参照値を比較し、定常時の測定レベルに対する変動を常時監視し、変動値が閾値レベルを超えた時に異常を出力する。異常判別装置2の出力は、判別結果表示装置3に出力する。本実施例では、設備機器の異常により剥離した粒子状物質の粒子計測を採用したため、インラインで測定でき、循環設備1の異常を迅速に診断できる。

【0023】次に、別の実施例を図7に示した。本実施例では、循環設備1の異常診断方法として、粒子状物質の濃度測定法を採用する構成とした。循環設備1からサンプリングライン9を介して循環する液体を粒子数密度計測装置24、及び粒径分布計測装置26に導く。粒子数密度計測装置24によって液体中の粒子状物質の数密度を計測し、同時に粒子状物質の粒径分布を粒径分布計測装置26により測定する。粒子数密度計測装置24と粒径分布計測装置26の測定結果は、濃度換算装置27に入力され粒子状物質の濃度を算出する。その結果を粒子状物質濃度参照値記憶装置28に記憶すると共に異常判別装置2に入力する。異常判別装置2では、入力された測定値及び参照値を比較し、定常時の測定レベルに対する変動を常時監視し、変動値が閾値レベルを超えた時に異常を出力する。異常判別装置2の出力は、判別結果表示装置3に出力する。本実施例では、設備機器の異常により剥離した粒子状物質の粒子計測を採用したため、インラインで測定でき、循環設備1の異常を迅速に診断できる。

【0024】次に、別の実施例を図8に示した。本実施例では、循環設備1の異常診断方法として、粒子状物質の成分分析法を採用する構成とした。循環設備1からサンプリングライン9を介して循環する液体を粒子状物質成分分析装置29に導く。粒子状物質成分分析装置29によって液体中の粒子状物質の成分を測定し、その結果を成分比参照値記憶装置30に記憶すると共に異常判別装置2に入力する。異常判別装置2では、入力された測定値及び参照値を比較し、定常時の測定レベルに対する変動を常時監視し、変動値が閾値レベルを超えた時に異常を出力する。異常判別装置2の出力は、判別結果表示装置3に出力する。本実施例では、設備機器の異常により剥離した粒子状物質の成分分析法を採用したため、インラインで測定でき、循環設備1の異常を迅速に診断できる。

【0025】次に、別の実施例を図9に示した。本実施例では循環設備1に設置した振動検出装置10により、設備機器自体の振動を検出する。検出した振動を振動解析装置11により振動レベル、周波数パターン等を解析する。振動解析装置11の出力は振動参照値記憶装置12に記憶されると共に異常判別装置2に入力する。一方、循環設備1からサンプリングライン9を介して循環する液体を粒子状物質計数装置22に導く。粒子状物質計数装置22によって液体中の粒子状物質を計数し、その結果を粒子数参照値記憶装置23に記憶すると共に異常判別装置2に入力する。異常判別装置2では、入力された測定値及び参照値を比較して、定常時の測定レベルに対する変動を常時監視し、双方の変動値が閾値レベルを超えた時に異常と判別する。このとき、一方の変動が非常に大きい場合は、他方の変動値に重み計数を掛けることにより、相対的に閾値レベルを下げて異常を判別してもよい。異常判別装置2の出力は、判別結果表示装置3に出力する。本実施例によれば、設備機器の振動の増加に伴い剥離する粒子数の増加量から設備の異常を高い信頼度で、かつ迅速に診断できる。

【0026】次に、別の実施例を図10に示した。本実施例の基本的な構成は図8と同様であるが、粒子状物質の計数法に替えて、図5に示した粒子状物質の数密度測定法を採用する構成とした。本実施例によれば、設備機器の振動の増加に伴い剥離する粒子数密度の増加量から設備の異常を高い信頼度で、かつ迅速に診断できる。次に、別の実施例を図11に示した。本実施例の基本的な構成は図8と同様であるが、粒子状物質の計数法に替えて、図6に示した粒子状物質の濃度測定法を採用する構成とした。本実施例によれば、設備機器の振動の増加に伴い剥離する粒子の濃度の増加量から設備の異常を高い信頼度で、かつ迅速に診断できる。

【0027】次に、別の実施例を図12に示した。本実施例の基本的な構成は図8と同様であるが、粒子状物質の計数法に替えて、図7に示した粒子状物質の成分分析

法を採用する構成とした。本実施例によれば、設備機器の振動の増加に伴い剥離する粒子の成分比の変動から設備の異常を高い信頼度で、かつ迅速に診断できる。

【0028】次に、別の実施例を図13に示した。本実施例では循環する液体の流量を流量計13により測定する。流量計13の測定結果は流量参照値記憶装置14に記憶されると共に異常判別装置2に入力する。

【0029】一方、循環する液体中に配管の器壁等から配管の構造材が一部イオン化して溶出するが、溶出の程度を循環液体中のイオン濃度、即ち導電率として検出できる。温度・水質が一定の場合、イオンの溶出速度は一定である。したがって、導電率は単位時間当りに通過する循環水の量、即ち流量に依存して変化し、流量が減少すれば導電率は高くなる。そこで、循環する液体の導電率を導電率計31により測定し、その測定結果を導電率参照値記憶装置32に記憶すると共に異常判別装置2に入力する。異常判別装置2では、入力された測定値及び参照値を比較して、定常時の測定レベルに対する変動を常時監視し、双方の変動値が閾値レベルを超えた時に異常と判別する。このとき、一方の変動が非常に大きい場合は、他方の変動値に重み計数を掛けることにより、相対的に閾値レベルを下げて異常を判別してもよい。異常判別装置2の出力は、判別結果表示装置3に出力する。本実施例によれば、設備機器の流量の増加に伴う導電率の減少、もしくは流量の減少に伴う導電率の増加をインラインで測定できるので、バルブ8の状態を推定することができ、バルブ8の異常を高い信頼度で、かつ迅速に診断できる。

【0030】次に、別の実施例を図14に示した。本実施例では循環する液体の流量を流量計13により測定する。流量計13の測定結果は流量参照値記憶装置14に記憶されると共に異常判別装置2に入力する。一方、流量が変わる場合は、気相中へ移行する $^{14}\text{N}$ の量も変化するため、媒体の放射能レベルが変化する。そこで、循環設備1の媒体に含まれる放射線の量を放射線検出器20により検出する。放射線検出器20により検出された放射能レベルは放射能参照値記憶装置21に記憶されると共に異常判別装置2に入力する。異常判別装置2では、入力された測定値及び参照値を比較して、定常時の測定レベルに対する変動を常時監視し、双方の変動値が閾値レベルを超えた時に異常と判別する。このとき、一方の変動が非常に大きい場合は、他方の変動値に重み計数を掛けることにより、相対的に閾値レベルを下げて異常を判別してもよい。異常判別装置2の出力は、判別結果表示装置3に出力する。本実施例によれば、設備機器の流量の増加に伴う放射能レベルの増加もしくは流量の減少に伴う放射能レベルの減少をインラインで測定できるので、バルブ8の状態を推定することができ、バルブ8の異常を高い信頼度で、かつ迅速に診断できる。

【0031】次に、別の実施例を図15に示した。本実

施例の基本的な構成は図13と同様であるが、流量が変わることによって、単位時間当りに移動する粒子数にも変化が現われるので、流量と粒子数を測定する構成とした。本実施例によれば、設備機器の流量の増加に伴う粒子数の増加、もしくは流量の減少に伴う粒子数の減少をインラインで測定できるので、バルブ8の状態を推定することができ、バルブ8の異常を高い信頼度で、かつ迅速に診断できる。

【0032】次に、別の実施例を図16に示した。本実施例では、循環設備1から循環する液体の温度を温度計15で測定する。測定した温度の値は温度参照値記憶装置16に記憶すると共に異常判別装置2に入力する。一方、粒子状物質の剥離挙動には温度依存性があり、高温ほど剥離し易いため、循環系内の温度変化に伴って粒子数は変化する。そこで、粒子状物質計数装置22に導かれた循環する液体中の粒子数を粒子状物質計数装置22によって計数し、その結果を粒子数参照値記憶装置23に記憶すると共に異常判別装置2に入力する。異常判別装置2では、入力された測定値及び参照値を比較して、定常時の測定レベルに対する変動を常時監視し、双方の変動値が閾値レベルを超えた時に異常と判別する。このとき、一方の変動値が非常に大きい場合は、他方の変動値に重み計数を掛けることにより、相対的に閾値レベルを下げて異常を判別してもよい。異常判別装置2の出力は、判別結果表示装置3に出力する。本実施例では、循環する液体の温度上昇に伴って増加する剥離した粒子状物質の粒子計測を採用したため、インラインで測定でき、循環設備1の異常を迅速に診断できる。

【0033】次に別の実施例を図17に示した。本実施例は、これまでに示してきた異常判別装置の詳細な構成を示している。ある変動を監視するための測定量Aに対して、変動値解析装置A84に参照値A80と測定値A81を入力すると共に、もう一方の測定量Bについても変動値解析装置B85に参照値B82と測定値B83を入力する。変動値解析装置A84では、測定量Aの変動のみを評価し、その変動量と当初設定した閾値とを比較する。比較した結果、変動量が閾値を超えているか否かの情報、及び変動の度合等を解析結果A86として出力する。これと同様の処理が測定量Bに対して、変動値解析装置B85で行われる。解析結果A86及び解析結果B87を、解析結果総合評価装置88に入力する。解析結果総合評価装置88では、解析結果A86及び解析結果B87を総合的に評価し、双方の測定量の変動がいずれも閾値を超えていた場合は、「異常」を出力する。一方、例えば解析結果A86の情報で、変動値が閾値を超えていた場合でも、解析結果B87で変動値が閾値を超えていなければ、解析結果総合評価装置88は、「非異常」を出力するとともに、測定量Aに対する測定系自体の異常を出力し、オペレータに測定器の点検を示唆する。しかし、解析結果A86で変動値が例えば閾値の2

倍を超えた場合は、解析結果B87で比較判定に用いる閾値を下げて、参照値B82と測定値B83を比較し、新たに設定した閾値を測定量Bの変動値が上回っていた場合に、解析結果総合評価装置88が「異常」を出力する構成としてもよい。本実施例の構成では、複数の測定量を観測するため、信頼度の高い診断が可能であるのはもとより、一つの測定量の変動に異常が発生した場合でも、その変動が循環設備1の真の「異常」なのか、測定器の異常なのかを判別できる。

【0034】次に、別の実施例を図18に示した。本実施例では、図1、図4～図17に示した異常診断装置系50に出力制御装置17、緊急停止装置18を付設する構成とした。異常診断装置系50が「異常」を出力した場合は、その「異常」レベルに対応してプラントの出力制御運転、もしくは、プラントを緊急停止させる機能を有する。本実施例の構成では、人が異常を判断するプロセスが介在しないので、プラント異常に対する対応時間を著しく短縮させることができ、異常事象の拡大を防ぐことができる。

【0035】

【発明の効果】第1乃至第3の発明によれば、流体の循環設備を有するプラントにおいて信頼性の高い異常診断を実施できる。また、第4の発明によれば、クラッドのような粒子状物質が循環設備の流体中に存在する場合でも、循環設備の異常を検出できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本となる実施例の装置構成である。

【図2】設備機器の振動と循環系の粒子数の相関図である。

【図3】設備機器の振動と循環系の粒子数に時間遅れがある場合の相関図である。

【図4】放射線計測法と振動検出を組み合わせた異常診断の実施例の装置構成である。

【図5】粒子数計数法による異常診断の実施例の装置構成である。

【図6】粒子数密度計測法による異常診断の実施例の装置構成である。

【図7】粒子濃度測定法による異常診断の実施例の装置構成である。

【図8】粒子成分分析法による異常診断の実施例の装置構成である。

【図9】粒子計数法と振動検出を組み合わせた異常診断の実施例の装置構成である。

【図10】粒子数密度計測法と振動検出を組み合わせた異常診断の実施例の装置構成である。

【図11】粒子濃度測定法と振動検出を組み合わせた異常診断の実施例の装置構成である。

【図12】粒子成分分析法と振動検出を組み合わせた異常診断の実施例の装置構成である。

【図13】導電率計測法と流量測定法を組み合わせた異常

13

常診断の実施例の装置構成である。

【図14】放射線計測法と流量測定法を組み合わせた異常診断の実施例の装置構成である。

【図15】粒子計数法と流量測定法を組み合わせた異常診断の実施例の装置構成である。

【図16】粒子計数法と温度測定法を組み合わせた異常診断の実施例の装置構成である。

【図17】異常判別装置の詳細な装置構成である。

【図18】異常診断装置系と設備の運転制御を組み合わせた異常診断の実施例の装置構成である。

【符号の説明】

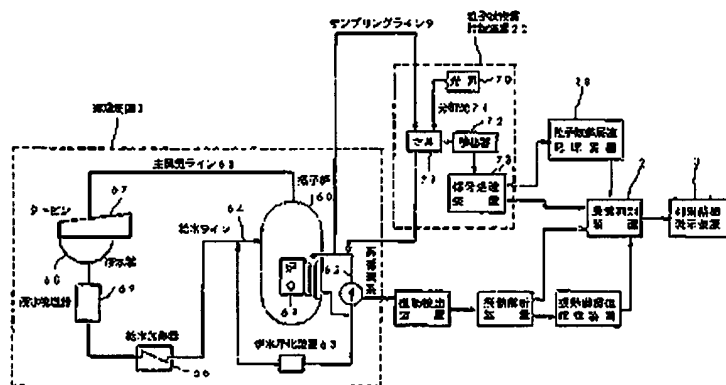
1…循環設備、2…異常判別装置、3…判別結果表示装置、8…バルブ、9…サンプリングライン、10…振動検出装置、11…振動解析装置、12…振動参照値記憶装置、13…流量計、14…流量参照値記憶装置、15…温度計、16…温度参照値記憶装置、17…出力制御装置、18…緊急停止装置、20…放射線検出器、21\*

14

\*…放射能参照値記憶装置、22…粒子状物質計数装置、23…粒子数参照値記憶装置、24…粒子数密度計測装置、25…粒子数密度参照値記憶装置、26…粒径分布計測装置、27…濃度換算装置、28…粒子状物質濃度参照値記憶装置、29…粒子状物質組成分析装置、30…成分比参照値記憶装置、31…導電率計、32…導電率参照値記憶装置、50…異常診断装置系、60…原子炉、61…炉心、62…再循環系、63…炉水浄化装置、64…給水ライン、65…主蒸気ライン、66…給水加熱器、67…タービン、68…復水器、69…復水脱塩器、70…光源、71…セル、72…検出器、73…信号処理装置、80…参照値A、81…測定値A、82…参照値B、83…測定値B、84…変動解析装置A、85…変動解析装置B、86…解析結果A、87…解析結果B、88…解析結果総合評価装置、89…判別結果。

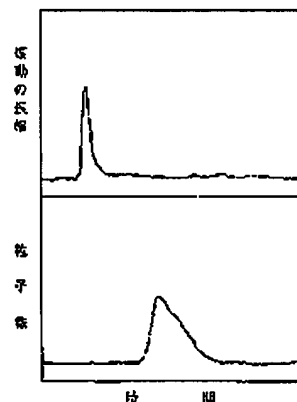
【図1】

図 1



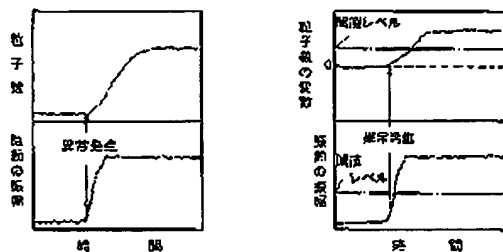
【図3】

図 3



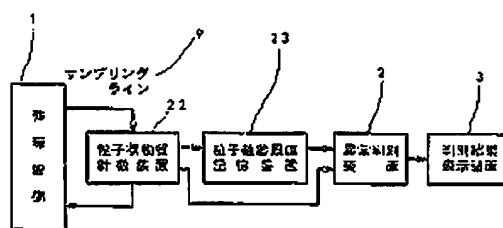
【図2】

図 2



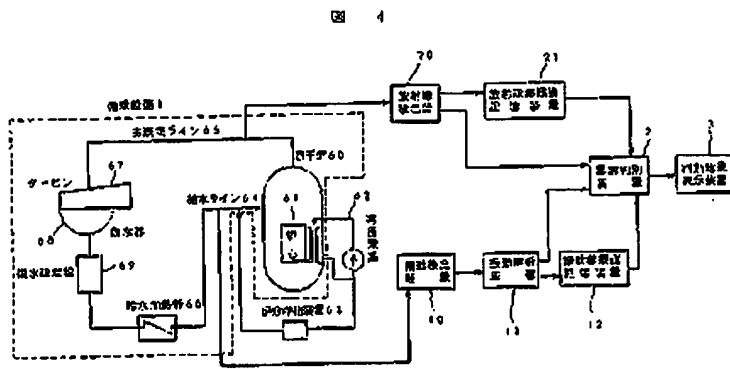
【図5】

図 5



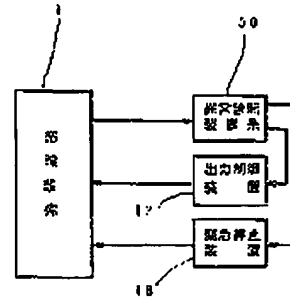


【図4】



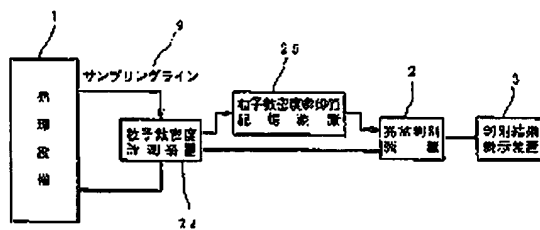
【図18】

図 18



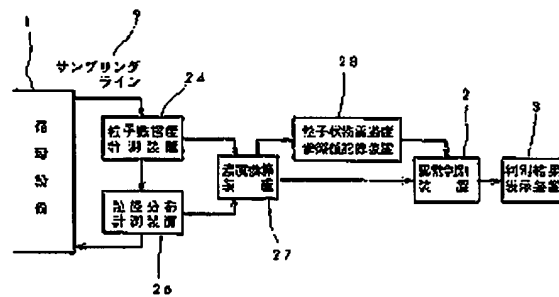
【図6】

図 6



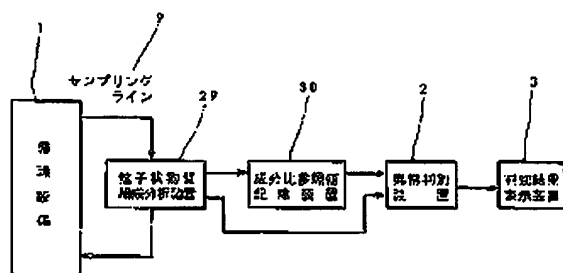
【図7】

図 7



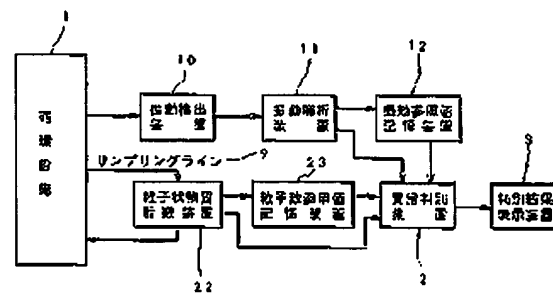
【図8】

図 8



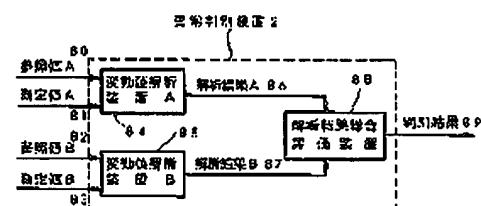
【図9】

図 9



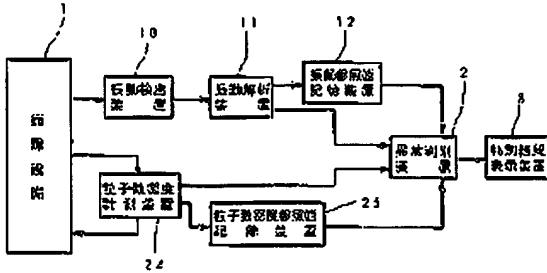
【図17】

図 17



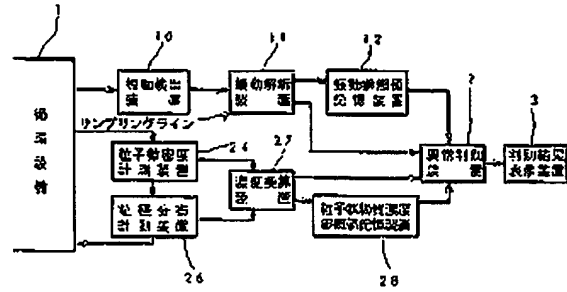
【図10】

図 10



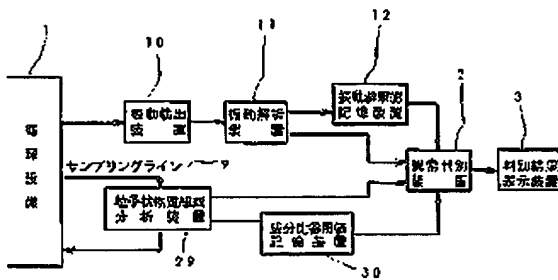
【図11】

図 11



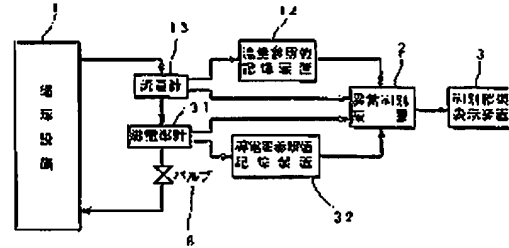
【図12】

図 12



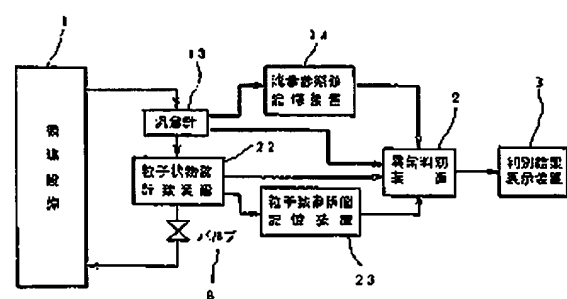
【図13】

図 13



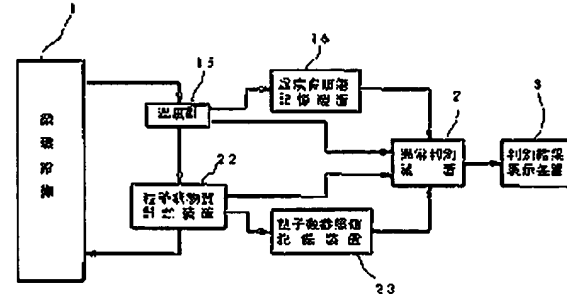
【図15】

図 15



【図16】

図 16



## フロントページの続き

(72)発明者 朝倉 大和  
茨城県日立市森山町1158番地 株式会社  
日立製作所 エネルギー研究所内

(72)発明者 松井 哲也  
茨城県日立市森山町1158番地 株式会社  
日立製作所 エネルギー研究所内

(72)発明者 伊部 英史  
茨城県日立市森山町1158番地 株式会社  
日立製作所 エネルギー研究所内

(72)発明者 西野 由高  
茨城県日立市森山町1158番地 株式会社  
日立製作所 エネルギー研究所内

(72)発明者 内田 俊介  
茨城県日立市森山町1158番地 株式会社  
日立製作所 エネルギー研究所内

(56)参考文献 特開 昭59-60293 (J P, A)  
特開 昭60-93995 (J P, A)  
特開 昭63-82321 (J P, A)  
特開 昭58-200122 (J P, A)  
特開 平2-290595 (J P, A)  
特公 平3-62235 (J P, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)

G01D 21/00  
G05B 23/02  
G21C 17/00 G08  
G21C 17/02 G08